

⑤

Int. Cl. 2:

F 23 D 13/20

F 23 G 7/06

⑯ **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

DEUTSCHES



PATENTAMT

BEST AVAILABLE COPY

DE 26 43 732 A 1

⑪

Offenlegungsschrift 26 43 732

⑫

Aktenzeichen:

P 26 43 732.1

⑬

Anmeldetag:

29. 9. 76

⑭

Offenlegungstag:

30. 3. 78

⑮

Unionspriorität:

⑰ ⑱ ⑲

⑳

Bezeichnung:

Verfahren und Vorrichtung zur Verbrennung von Abluft

㉑

Anmelder:

Bayer AG, 5090 Leverkusen

㉒

Erfinder:

Germerdonk, Rolf, Dipl.-Ing. Dr., 5072 Schildgen;
Börger, Götz-Gerald, Dr., 4019 Monheim; Hüning, Werner, Dipl.-Ing.,
5074 Odenthal

DE 26 43 732 A 1

Patentansprüche

- (1) Verfahren, Abgase, die mit organischen oder anorganischen brennbaren Stoffen beladen sind, durch thermisches Zersetzen bei Temperaturen zwischen 800°C und 1000°C vollständig und gefahrlos zu reinigen, wobei die Abluftmengen zeitlich in weiten Grenzen schwanken und auch die Konzentrationen an Sauerstoff und brennbaren Stoffen ebenfalls so schwanken, daß die untere Explosionsgrenze im Abgas zeitweise überschritten wird und wobei ferner zur Aufrechterhaltung der Zersetzungstemperatur gegebenenfalls ein Hilfsbrennstoff zugeführt wird, dadurch gekennzeichnet, daß
- a) dem Abgas eine konstante Frischluftmenge oder Abgasmenge, die keine brennbaren Stoffe enthält, zum Einhalten der in Abbildung 4 definierten Zuströmgeschwindigkeit W_0 zugemischt wird, wobei diese konstante Menge etwa im Bereich zwischen 3 und 20 Vol.-% der maximalen Abgasmenge liegt,
 - b) die Strömung dieses Abgasgemisches weitgehend laminarisiert wird und
 - c) dieses weitgehend laminarisiert strömende Abgasgemisch unmittelbar dem Verbrennungsraum zugeführt wird, gegebenenfalls unter Zerstörung der Wandgrenzschicht unmittelbar am Ende der Abgaseinführung.
- 2) Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß für Abgase, deren zeitliche Schwankungen zwischen Minimal- und Maximalmenge nur so groß sind, daß der in Abbildung 4 definierte Sicherheitsabstand (Strecke 4-5) zwischen Strö-

mungsgeschwindigkeit des Abgases in der Ausströmöffnung und der Rückzündgeschwindigkeit bei jedem Betriebszustand noch eingehalten wird, keine konstante Frischluft oder unbeladene Abgasmenge, zugespeist wird.

- 3) Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß für den Fall, daß der Sauerstoffgehalt des Abgases zeitweise $< 10\%$ ist, die konstant zugespeiste Menge Frischluft mit $\sim 21\%$ Sauerstoff ist.
- 4) Vorrichtung zur thermischen Abluftreinigung in einem Verbrennungsraum mit Gaszufuhr- und gegebenenfalls Hilfsbrennstoffzufuhrleitung, wobei in der Gaszufuhrleitung ein Strömungsgleichrichter (2) angebracht ist, dem sich eine in Richtung auf einen Verbrennungsraum (6) kontrahierende Düse (1) anschließt, wobei am Düsenaustritt in den Verbrennungsraum Abreißkanten (4) (Ziffern bezogen auf Fig. 1) angebracht sind.
- 5) Vorrichtung gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Abreißkanten 0,2 bis 10 mm breit senkrecht zur Hauptströmungsrichtung des Abgases angeordnet sind.

Verfahren und Vorrichtung zur Verbrennung von Abluft

Bei verschiedenen Industriebetrieben können Abgase anfallen, die zeitweise über die untere Explosionsgrenze hinaus mit Schadstoffen, beispielsweise Lösungsmitteldämpfen, wie z.B. Hexan, Toluol, Benzol, Xylol, Kerosin, Äther, Alkohol und/oder brennbaren Gasen, wie z.B. Wasserstoff, Acetylen, Methan, Schwefelkohlenstoff beladen sind. Diese Abgase müssen einer Abgasreinigung zugeführt werden.

Bekannt sind Verfahren, bei denen die Abgase über Adsorption, Kondensation oder Oxydation behandelt werden. Von diesen bekannten Verfahren stellen nur die Oxydationsverfahren eine wirkliche Schadstoffvernichtung dar, da alle anderen Verfahren die Abluftprobleme lediglich auf Folgeprobleme verlagern. Wegen der Störanfälligkeit einer katalytischen Abgasoxidation geht man mehr und mehr zur Oxydation in thermischen Abluftreinigungen über, bei der das Schadstoff-beladene Abgas in einem Brenner mit Zusatzbrennstoff verbrannt wird bzw. die Schadstoffe oxydiert werden.

Le A 17 531

809813/0489

Gegenwärtig ist jedoch kein betriebssicherer Brenner bekannt, der zündfähige Brennstoff- Luft-Gemische verbrennen kann, ohne daß bei den im praktischen Betrieb unvermeidlichen Schwankungen eine Rückzündung in die zuführende Leitung bis zu einer Flammensperre oder bis zum Entstehungsort des Abgases möglich ist. Nach dem Stand der Technik müssen daher zündfähige Abgase mit Verdünnungsluft-Zufuhr so behandelt werden, daß sie mit Sicherheit nicht mehr zündfähig sind, wenn sie in den Brenner gelangen; anderenfalls bestünde die Gefahr einer Explosion oder Detonation in zuführenden Rohrleitungen oder Reaktionsbehältern. Eine Flammensperre, wie z.B. ein Flammensieb oder eine Tauchsicherung sind zudem nur geeignet, eine kurzzeitige Rückzündung aufzuhalten, sie ermöglichen keinen kontinuierlichen Betrieb eines Brenners mit zündfähigen Abgasen.

Die Nachteile der bekannten Verbrennungsverfahren für Abgase liegen insbesondere in deren hohen Investitions- und Betriebskosten, die bedingt sind durch die aufwendigen Sicherheitsmaßnahmen.

Es ist daher Ziel der vorliegenden Erfindung, zündfähige Abgase direkt in einem rückzündsicheren Brenner ohne Zusatz von Verdünnungsluft zu verbrennen. Nach der vorliegenden Erfindung soll es möglich sein, den praktischen Erfordernissen des Abgasanfalls entsprechend Abgas in zeitlich stark schwankenden Mengen rückzündsicher unschädlich machen zu können. Schließlich soll nach der vorliegenden Erfindung zur Verbrennung zündfähiger Abgase im Zusammenwirken eines rückzündsicheren Brenners, der notwendigen Steuerungstechnik und Sicherheitsausrüstung ein höheres Maß an Sicherheit gegen Explosionen gegeben sein, als es nach

dem Stand der Technik durch die bereits geschilderten Maßnahmen möglich ist.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist somit ein Verfahren, Abgase, die mit organischen oder anorganischen brennbaren Stoffen beladen sind, durch thermisches Zersetzen bei Temperaturen zwischen 800°C und 1000°C vollständig und gefahrlos zu reinigen, wobei die Abluftmengen zeitlich in weiten Grenzen schwanken und auch die Konzentrationen an Sauerstoff und brennbaren Stoffen ebenfalls so schwanken, daß die untere Explosionsgrenze im Abgas zeitweise überschritten wird und wobei ferner zur Aufrechterhaltung der Zersetzungstemperatur gegebenenfalls ein Hilfsbrennstoff zugeführt wird, dadurch gekennzeichnet, daß

- a) dem Abgas eine konstante Frischluftmenge oder Abgasmenge, die keine brennbaren Stoffe enthält, zum Einhalten der in Abbildung 4 definierten Zuströmgeschwindigkeit W_0 zugemischt wird, wobei diese konstante Menge etwa im Bereich zwischen 3 und 20 Vol.-% der maximalen Abgasmenge liegt,
- b) die Strömung dieses Abgasgemisches weitgehend laminarisiert wird und
- c) dieses weitgehend laminarisiert strömende Abgasgemisch unmittelbar dem Verbrennungsraum zugeführt wird, gegebenenfalls unter Zerstörung der Wandgrenzschicht unmittelbar ans Ende der Abgaseinführung.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ferner eine Vorrichtung zur thermischen Abluftreinigung in einem Verbrennungsraum mit Gaszufuhr- und gegebenenfalls Hilfsbrennstoffzufuhrleitung, wobei in der Gaszufuhrleitung ein Strömungsgleichrichter (2) angebracht ist, dem sich eine in Richtung auf den Verbrennungsraum (6) kontrahierende Düse (1) anschließt, wobei am Düsenaustritt (3) in den Verbrennungsraum (6) Abreißkanten (4) (Ziffern bezogen auf Figur 1) angebracht sind.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht ein rückzündfreies Verbrennen explosionsfähiger Abgase, wobei die Abgase in ihren Mengen im Verhältnis von etwa 1:10, vorzugsweise 1: schwanken können. Im Abgas können beliebige brennbare Schadstoffe, beispielsweise gegebenenfalls substituierte, aromatische und/oder aliphatische Kohlenwasserstoffe, wie z.B. Hexan, Kerosin, Äthylen, Toluol, Benzol, Xylol, Chlorbenzol, Alkohole, wie z.B. Methanol, Äthanol, Äther wie z.B. Diäthyläther, Schwefelkohlenstoffverbindungen, wie z.B. CS_2 , Wasserstoff, Acetylen, Propylenoxid, Äthylenoxid vorliegen. Die Temperatur, mit denen das Abgas in die Verbrennungsvorrichtung eingeführt wird, liegt bei etwa -40° bis 100°C , vorzugsweise 0 bis 40°C .

Nachfolgend wird das erfindungsgemäße Verfahren bzw. die erfindungsgemäße Vorrichtung anhand von zwei bevorzugten Ausführungsformen, illustriert in den Figuren 1 und 2, näher erläutert.

Die erste Ausführungsform ermöglicht es, Abgase, deren Mengen zwischen 10 bis 100 % der maximalen Menge schwanken, rückzündsicher zu verbrennen.

In der Figur 1 kommt den Zahlen dabei folgende Bedeutung zu:

1. Düse;
2. Strömungsgleichrichter, vorzugsweise Flammensieb;
3. Düsenaustritt;
4. Abreißkante;
5. Hilfsbrennstoffzufuhr;
6. Verbrennungsraum.

Im einzelnen wird das Schadstoff-beladene Abgas durch den Strömungsgleichrichter 2 in die sich kontraktierende Düse 1 eingeführt. Bereits im Strömungsgleichrichter 2 erfolgt eine teilweise Laminarisierung der Strömung des Abgases, die im kontraktierenden Teil der Düse noch verstärkt wird. In dem kontrahierenden Teil der Düse erfolgt eine stetige Beschleunigung der Strömungsgeschwindigkeit des Abgases. Das in der Düse bezüglich seiner Strömung weitgehend drall- und wirbelfrei gemachte Abgas wird an einer scharfen Abreißkante 4 (am Düsenaustritt) vorbei in den Verbrennungsraum 6 eingeführt. Der für das Erreichen der Schadstoffzersetzungstemperatur gegebenenfalls erforderliche Zusatzbrennstoff, beispielsweise Erdgas, kann über die Leitung 5 außerhalb der Düsenaustrittsstelle dem Verbrennungsraum zugeführt werden. Aufgabe der Abreißkante 4 ist es, die an der Wandung der Düse entstandene laminare Strömungsgrenzschicht weitgehend zu zerstören, so daß eine Rückzündung in dieser relativ langsam strömenden Grenzschrift aus dem Verbrennungsraum in die Düse 1 vermieden wird. Die Abreißkante 4 steht etwa 0,2 bis 10 mm, vorzugsweise 1 bis 3 mm senkrecht zur Hauptströmungsrichtung des Abgases in der Düse.

Das erfindungsgemäße Prinzip dieser dynamischen Flammenrückschlagsicherung beruht darauf, daß im engsten Düsenquerschnitt, an jeder Stelle, d.h. auch in Wandungsnähe die Strömungsgeschwindigkeit möglichst größer sein muß, als die jeweilige Flammenrückzündgeschwindigkeit. Zu diesem Zweck wird die langsame laminare Strömung, die in unmittelbarer Wandnähe verläuft, durch mindestens eine Abreißkante zerstört.

In einer anderen nicht dargestellten Ausführungsform ist es möglich, auf die Abreißkante zu verzichten und das Abgas in der sich kontraktierenden Düse so stark zu beschleunigen und zu laminarisieren, daß die in unmittelbarer Nähe der Wandung verlaufende langsamere Strömung eine so geringe Dicke besitzt, daß die bei der Rückzündung entstehende Wärme in dieser Grenzschicht sofort über die wärmeableitende Wandung (möglichst Metalle) abgeführt wird und somit die Rückzündung unterbrochen wird. Während bei Gegenwart einer Abreißkante an einer Düse von 70 mm \varnothing die Strömungsgeschwindigkeiten der Abgase am Düsenaustritt für Abgase, die Kohlenwasserstoffe enthalten etwa in der Größenordnung von 2 bis 8 m pro sec., vorzugsweise 4 bis 5 m pro sec., für Abgase, die Wasserstoff, Acetylen,

enthalten, etwa 20 bis 50 m pro sec., vorzugsweise 25 bis 30 m pro sec. betragen sollen, müssen die Strömungsgeschwindigkeiten für Abgase der erstgenannten Art am Düsenaustritt etwa 10-30 % höher eingestellt werden, falls auf eine Abreißkante verzichtet wird.

Sinn der kontrahierenden Düse ist neben der Beschleunigung des Abgases die Erzeugung eines möglichst gleichmäßigen Strömungsprofils über den gesamten Düsenquerschnitt ohne evtl. auftretende Einbeulung in der Mitte der Düse.

Erfindungsgemäße Düsen besitzen am Düseneingang einen Durchmesser von etwa 2 bis 30 cm, vorzugsweise 5 - 8 cm, am Düsenaustritt etwa ein Drittel des Düsenquerschnitts am Düseneingang. Die Düsenweite richtet sich nach dem minimalen und maximalen Mengendurchsatz. Auf jeden Fall muß verhindert werden, daß bei minimalem Durchsatz die Rückzündgeschwindigkeit in Abhängigkeit von Schadstoffart und Konzentration die Strömungsgeschwindigkeit in Richtung auf den Verbrennungsraum überschreitet. Die Maximalmenge bestimmt den maximalen Druckverlust. Bei der beschriebenen erfindungsgemäßen Ausführungsform mit gleichgerichteter und beschleunigter Strömung liegt z.B. die Rückzündgeschwindigkeit für ein nahezu stöchiometrisches Hexan-Luftgemisch bei ≤ 3 m/sec. Der Strömungsgleichrichter wird vorzugsweise gleichzeitig als Flammensperre ausgebildet, beispielsweise als wärmeableitendes Flammensieb, und sitzt vorzugsweise in einer Entfernung, die 1 bis 10 mal dem Düseneingangsdurchmesser entspricht, vor der Düse. Die Flammensperre dient aus Sicherheitsgründen zur Verhinderung einer Rückzündung in die Abgaszufuhrleitung bei Fehlbedienungen. Die Spaltweite der Flammensperre muß in bekannter Weise auf die Zündwilligkeit des Gemisches abgestellt werden.

Bei Aufrechterhaltung von Verbrennungstemperaturen von etwa 800 bis 1000°C im Verbrennungsraum 6 werden die organischen Schadstoffe praktisch vollständig oxydiert.

In der in der Figur 2 dargestellten Ausführungsform ist eine erfindungsgemäße Reinigung von zündfähiger Abluft bzw. Abgas möglich, bei dem die anfallenden Schadstoff-beladenen Abgase zwischen 0 und 100 %

der Maximalmenge mit plötzlichen Änderungen schwanken können.

In der Figur 2 kommt den Zahlen folgende Bedeutung zu:

- 7. Abgaszufuhrleitung;
- 8. kontrahierende Düse;
- 9. Verbrennungsraum;
- 10. Regelkreis;
- 11. Frischluftmenge;
- 12. Hilfsbrennstoffzuführung;
- 13. Regelkreis
- 14. Düseneintritt
- 15. Abreißkante

Im einzelnen wird das erfindungsgemäße Verfahren entsprechend Figur 2 wie folgt durchgeführt:

Die zündfähige Abluft tritt über die Leitung 7 durch die Düse 8 in den Verbrennungsraum 9 ein. Über einen Regelkreis 10 wird ein konstant gehaltener Frischluftstrom 11 (die Ermittlung des benötigten Frischluftstromes ist in Abhängigkeit vom speziellen Schadgas in Figur 3 dargestellt) zugegeben, so daß die ebenfalls in Figur 3 nachfolgend noch definierte Geschwindigkeit W_0 am Düsenaustritt in den Verbrennungsraum auch bei Rückgang des Abluftstromes auf 0 eingehalten wird. Hierbei ist es dann ohne Abluftanalyse möglich, durch einfache Regelung über 13 des Mengenverhältnisses von Abluft und Frischluft (7 und 11) zu der Hilfsbrennstoffmenge (12) eine Mindesttemperatur von etwa 800 bis 1000°C in der Brennkammer 9 auch bei beliebiger und plötzlicher Schwankung des Abluftstromes einzuhalten, die zum thermischen Zersetzen aller organischen Schadstoffe im Abgas ausreicht.

Dieser Verfahrensdurchführung liegen die in Figur 3 dargestellten Zusammenhänge zugrunde. In Figur 3 wird die Strömungsgeschwindigkeit bzw. Rückzündgeschwindigkeit des Abgases in m/s (Ordinate) in Abhängigkeit von der Schadstoffkonzentration (Vol. % an brennbaren Stoffen in der Abluft bzw. in dem Frischluft/Abluftgemisch) (Abszisse) beispielhaft für ein Hexan/Luft-Gemisch (Hexan $\hat{=}$ Schadstoff) dargestellt.

Die Zündgeschwindigkeit in der Düsenströmung ist zwischen der unteren und oberen Explosionsgrenze außer von der Konzentration und dem Düsendurchmesser stark von dem laminaren bzw. turbulenten Strömungszustand abhängig. Um möglichst geringe strömungsbedingte Zündgeschwindigkeiten zu erreichen, wird mit der Düse erfindungsgemäß eine gleichgerichtete, beruhigte und beschleunigte Strömung angestrebt. Hierdurch wird die Grenzschicht an der Düsenwandung minimiert. Durch die scharfe Kante (15) am Düsenmund wird eventuell zusätzlich die Grenzschicht abgerissen d. h. die Grenzschicht wird an der Kante unendlich dünn. Diese Maßnahmen haben den Zweck, die Rückzündmöglichkeiten in der Grenzschicht möglichst zu verringern, so daß für die Gesamtdüse eine möglichst geringe Rückzündgeschwindigkeit resultiert.

Um die tatsächlichen Rückzündeigenschaften einer nach Fig. 1 konstruktiv optimierten Düse für einen gegebenen Schadstoff zu ermitteln, muß die Abhängigkeit der Rückzündgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Schadstoffkonzentration experimentell ermittelt werden.

Hierzu wird eine Düse gemäß Fig. 1 mit einem herzustellen-
den Schadstoff-Luft-Gemisch unter Variation des Schadstoff-
Luft-Verhältnisses innerhalb der Explosionsgrenzen be-
trieben. Nach Einstellung eines stabilen, rückzündfreien
Brennzustandes an der Düse wird der Durchsatzstrom redu-
ziert, bis eine Rückzündung bis zum Flammensieb eintritt.
Die Rückzündung kann optisch, akustisch oder durch Tem-
peraturfühlen auf der Flammenseite des Flammensiebes fest-
gestellt werden. Die Strömungsgeschwindigkeiten in der Düse
zum Zeitpunkt der Rückzündungen werden in Abhängigkeit
von der Schadstoffkonzentration in ein Diagramm analog
Fig. 3 eingetragen und ergeben eine Kurve analog Kurve 1.

Die Abhängigkeit der Strömungsgeschwindigkeit W in der
Düse in Abhängigkeit von der Schadstoffkonzentration C_s
(Kurve 2, Fig. 3) ergibt sich aus folgenden Beziehungen:

$$\begin{array}{llll} 1) & \text{Luft} & \text{Abluft} & \text{Gemisch} \\ & (o' + n')X & + (o' + n' + s')Y & = V_{\text{gemisch}} \end{array}$$

o' Volumenteile Sauerstoff $\rightarrow o$ Volumenkonzentration Sauerstoff
 n' Volumenteile Stickstoff $\rightarrow n$ Volumenkonzentration Stickstoff
 s' Volumenteile Schadstoff $\rightarrow s$ Volumenkonzentration Schadstoff

X Frischluft-Volumenstrom
 Y Abluft-Volumenstrom
 V Gemisch-Volumenstrom

$$2) \quad \text{Für Luft ist} \quad o' + n' = 0,79 + 0,21 = 1$$

$$3) \quad \text{Für Abluft ist} \quad o' + n' + s' = 0,79 + 0,21 + s' = 1 + s'$$

$$\frac{o'}{1+s'} + \frac{n'}{1+s'} + \frac{s'}{1+s'} = 1$$

$$o + n + s = 1$$

$$4) \quad s = \frac{s'}{1+s'} \quad \text{---} \quad s' = \frac{s}{1-s}$$

Durch Einsetzen ergibt sich aus Gleichung 1):

$$5) \quad 1 X + \left(1 + \frac{s}{1-s}\right) Y = V_{\text{gemisch}}$$

$$6) \quad \frac{V_{\text{gemisch}}}{F_{\text{Düse}}} = W \quad \text{Strömungsgeschwindigkeit in der Düse}$$

(F = Düsenquerschnitt in m²);

$$7) \quad \frac{\frac{s}{1-s} Y}{V_{\text{gem.}}} = C_s \quad (C_s = \text{max. Konzentration des Schadstoffes im Luft-Abluft-Gemisch}).$$

Wenn man mit s die maximal zu erwartende Schadstoffkonzentration im Abgas festlegt, kann man unter Variation von X, Y und F_{Düse} eine Kurve 2 für die Strömungsgeschwindigkeit ausrechnen, die einen gewünschten Sicherheitsabstand (3) zur Kurve der Rückzündgeschwindigkeit (1) hat. Zweckmäßigerweise geht man hierbei so vor, daß man verschiedene Werte für F_{Düse} (Düsenquerschnitt) und X (Frischluf-Volumenstrom annimmt und Y (Abluft-Volumenstrom) von 0 ÷ 100 % variiert.

In dem Diagramm stellt das Verhältnis der Ordinatenhöhen zur Kurve 2, Punkt 4 und Kurve 1, Punkt 5 bei einer bestimmten Schadstoffkonzentration im Frischluft-Abluft-Gemisch das Verhältnis von Strömungsgeschwindigkeit zu Rückzündgeschwindigkeit dar. Es wird erfindungsgemäß ein Verhältnis von 1,5 oder höher angestrebt.

Die so ermittelte Kurve 2 schneidet die Ordinate bei W_0 , woraus sich durch Multiplikation mit der Düsenfläche $F_{\text{Düse}}$ (Gleichung 6) der benötigte Frischluftstrom ergibt. Dieser liegt in der Regel weit unter dem Frischluftstrom, welches für sich in der Düse eine höhere Strömungsgeschwindigkeit als Rückzündgeschwindigkeit bewirken würde. Dadurch ergibt sich eine erhebliche Betriebskostensparnis.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es möglich, bei relativ geringem Druckverlust von bis etwa 20 m bar im Verbrennungsraum Schadstoffe in explosiven Abgasen vollständig und sicher mit einem zulässigen Mengenschwankungsbereich für die Abluft von 0 ÷ 100 % zu verbrennen.

Nachfolgend wird das erfindungsgemäße Verfahren beispielhaft erläutert:

Es wurde eine Anordnung gemäß Figur 1 verwendet, in der das Flammensieb (2) einen Durchmesser von 150 mm mit 0,7 mm Siebkanal-Weite und der Düsenaustritt 4 einen Durchmesser von 67 mm hatten.

2643732

Als explosionsfähige Abluft wurde ein Hexan-Luft-Gemisch eingesetzt. Zunächst wurde nach dem oben beschriebenen Verfahren die Kurve 1, Fig. 3 für die Rückzündgeschwindigkeit dieser Düse ermittelt. Es zeigte sich, daß die größte Rückzündgeschwindigkeit in Höhe von 3,3 m/s bei einer Hexan-Konzentration von etwa 2,7 Vol-% auftrat. Bei einer Strömungsgeschwindigkeit von mehr als 3,3 m/s konnte bei beliebiger Konzentration keine Rückzündung festgestellt werden. Wurde die Strömungsgeschwindigkeit gesenkt, so daß die Werte auf oder unter den Werten der Kurve 1 lagen, erfolgten Rückzündungen und die Flamme brannte am Flammensieb. Durch eine Brenndauer von etwa 3 Minuten am Flammensieb wurde das Sieb nicht beschädigt.

Die Kurve 2, Fig. 3 wurde sodann unter Variation der Werte X, Y und $F_{\text{Düse}}$ und unter Festlegung des maximalen Schadstoffgehaltes im Abgas mit $s = 2,3 \%$ ermittelt. Es ergab sich, daß mit $X = 0,1 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ Frischluftzusatz und einem Düsenquerschnitt von $0,1 \text{ m}^2$ ein Abluftstrom Y zwischen 0 und $3 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ rückzündsicher durch diese Düse geführt werden kann. Durch den konstanten Frischluftstrom $0,1 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ wird ohne Abluft an der Düse eine Geschwindigkeit von $W_0 = 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ erreicht. Die Kurven 1 und 2 haben in den Punkten 4 und 5 ihren kleinsten Abstand bzw. das Verhältnis der Strömungsgeschwindigkeit (4 bis 6) zur Rückzündgeschwindigkeit (5 bis 6) liegt bei 3,1 zu 1,75 gleich 1,77. Die für diesen Abluftstrom sich ergebende Strömungsgeschwindigkeit von 3,1 m/s liegt damit unter der maxi-

2643732

16

malen Zündgeschwindigkeit von 3,3 m/s; trotzdem ist ein rückzündsicherer Betrieb gewährleistet, da die zu diesem Abluftstrom sich ergebende Rückzündgeschwindigkeit mit 1,75 m/s mit Sicherheitsabstand kleiner ist.

Le A 17 531

- 14 -

809813/0489

17-

Leerseite

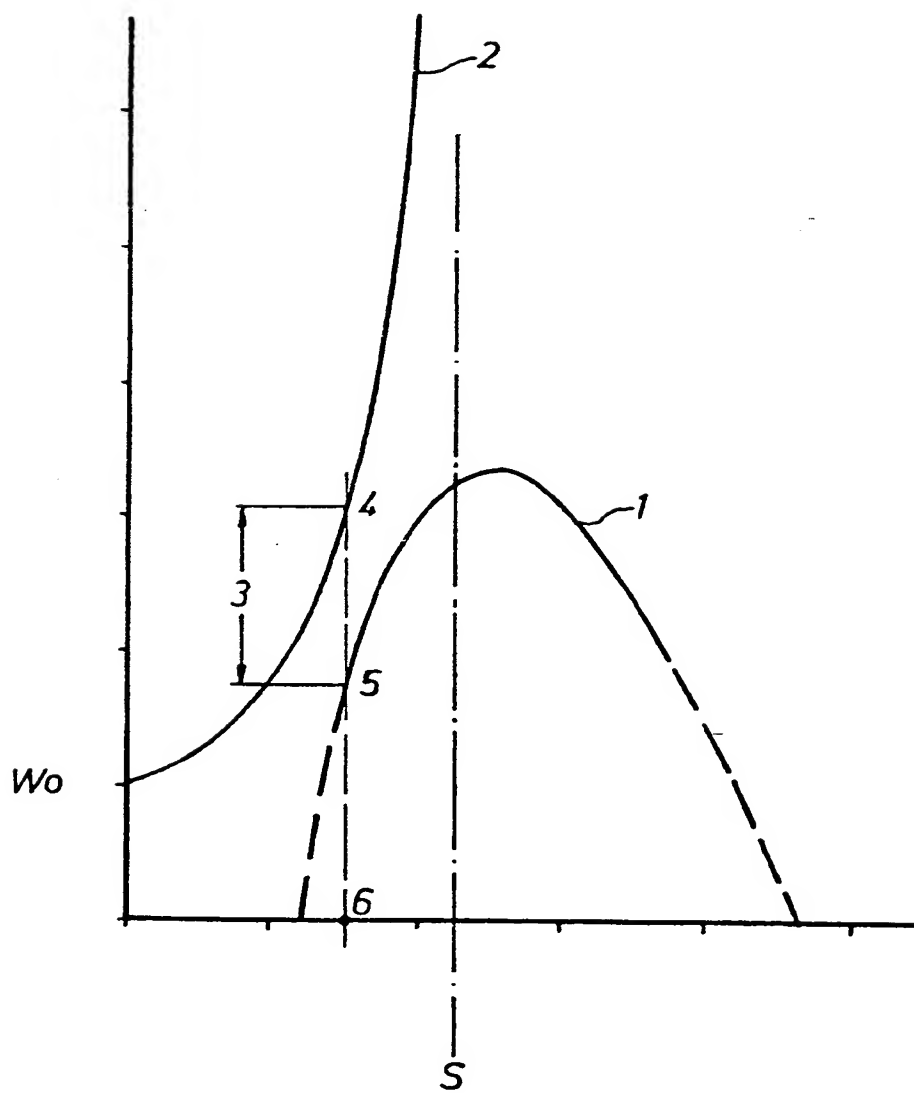


FIG. 3

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)